

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-329935

(43)Date of publication of application : 30.11.1999

(51)Int.Cl.

H01L 21/027
G03F 7/20

(21)Application number : 10-134849

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 18.05.1998

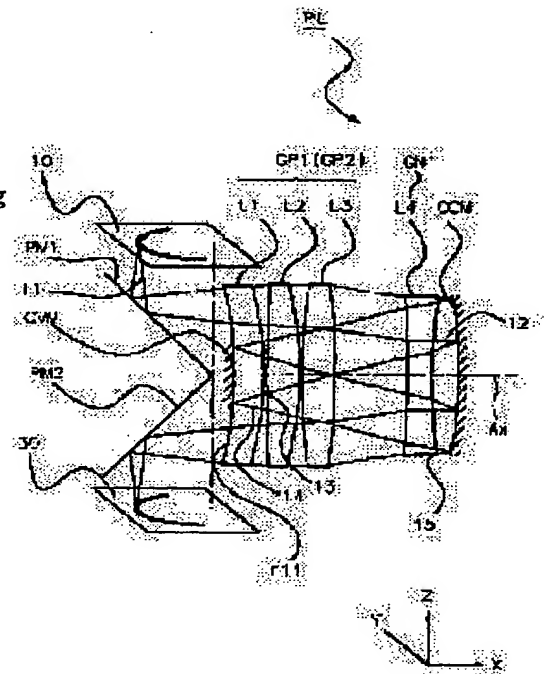
(72)Inventor : KUMAZAWA MASAHIRO

(54) SCANNING PROJECTION ALIGNER AND OPTICAL PROJECTION SYSTEM SUITABLE THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a reflection/refraction optical projection system relatively short overall length in which the arcuate region subjected to aberration correction can be widened while enhancing the throughput and reducing the size.

SOLUTION: The scanning projection aligner for projection exposing the image of a first object onto a second object at substantially unit magnification through a reflection/refraction optical projection system while moving the first and second objects comprises telecentric optical systems on both the first and second object sides, a first positive lens group GP1, a first negative lens group GN1, a first concave reflection plane CCM, a second positive lens group GP2, a convex reflector plane CVM, and a second concave reflection plane CCM. Light from the first object 10 passes sequentially through the first positive lens group, first negative lens group, first concave reflection plane, first negative lens group, second positive lens group, convex reflector plane, second positive lens group, first negative lens group, second concave reflection plane, first negative lens group, and first positive lens group before arriving at the second object 30.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

特開平11-329935

(43) 公開日 平成11年(1999)11月30日

(51) Int.Cl.⁶
 H 0 1 L 21/027
 G 0 3 F 7/20

識別記号

5 2 1

F I

H 0 1 L 21/30

G 0 3 F 7/20

H 0 1 L 21/30

5 1 8

5 2 1

5 1 5 D

5 1 7

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-134849

(22) 出願日 平成10年(1998) 5月18日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 熊澤 雅人

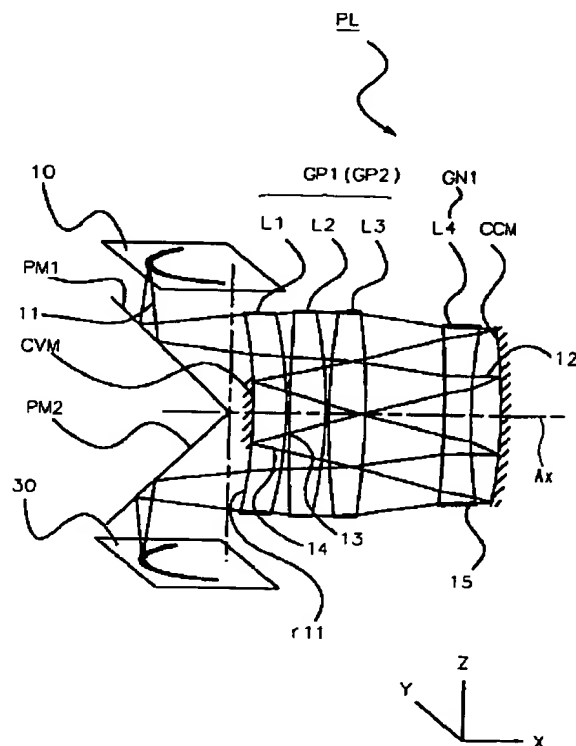
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(54) 【発明の名称】 走査型投影露光装置及び該露光装置に好適な投影光学系

(57) 【要約】

【課題】 スルーブットを向上させ、かつ小型化を図ること

【解決手段】 第1の物体と第2の物体とを移動させつつ、反射屈折型投影光学系により第1の物体の像を第2の物体上へ実質的に等倍で投影露光する走査型投影露光装置は、第1及び第2の物体側が共にテレセントリックな光学系であり、第1正レンズ群(GP1)と、第1負レンズ群(GN1)と、第1凹面反射面(CCM)と、第2正レンズ群(GP2)と、凸面反射鏡(CVM)と、第2凹面反射面(CCM)とを有する。第1の物体(10)からの光は、第1正レンズ群、第1負レンズ群、第1凹面反射面、第1負レンズ群、第2正レンズ群、凸面反射鏡、第2正レンズ群、第1負レンズ群、第2凹面反射面、第1負レンズ群及び第1正レンズ群を順に介して第2の物体(30)へ到達する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】第 1 の物体と第 2 の物体とを移動させつつ、前記第 1 の物体の像を前記第 2 の物体上へ実質的に等倍の倍率で投影露光する走査型投影露光装置において、

前記第 1 の物体の像を前記第 2 の物体上に形成する反射屈折型投影光学系を含み、

前記反射屈折型投影光学系は、第 1 の物体側及び第 2 の物体側が共にテレセントリックな光学系であり、正の屈折力を有する第 1 正レンズ群と、負の屈折力を有する第 1 負レンズ群と、第 1 凹面反射面と、正の屈折力を有する第 2 正レンズ群と、凸面反射鏡と、第 2 凹面反射面とを有し、

前記第 1 の物体からの光が前記第 1 正レンズ群及び前記第 1 負レンズ群を順に介して前記第 1 凹面反射面に達し、前記第 1 凹面反射面にて反射された光が、前記第 1 負レンズ群及び前記第 2 正レンズ群を順に介して前記凸面反射鏡に達し、該凸面反射鏡にて反射された光が前記第 2 正レンズ群及び前記第 1 負レンズ群を順に介して前記第 2 凹面反射面に達し、前記第 2 凹面反射面にて反射された光が前記第 1 負レンズ群及び前記第 1 正レンズ群を順に介して前記第 2 の物体へ到達し、前記第 2 の物体上に前記像を形成するように前記反射屈折型投影光学系が構成されることを特徴とする走査型投影露光装置。

【請求項 2】前記反射屈折型投影光学系中の前記第 1 正レンズ群の焦点距離を $f1PLG$ とし、前記反射屈折型投影光学系中の前記第 2 正レンズ群の焦点距離を $f2PLG$ とするとき、

$$f2PLG - f1PLG \geq 0$$

を満足することを特徴とする請求項 1 記載の走査型投影露光装置。

【請求項 3】前記第 1 正レンズ群と前記第 2 正レンズ群とは一体に形成されることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の走査型投影露光装置。

【請求項 4】前記反射屈折型投影光学系中の前記第 1 及び第 2 凹面反射面は、1 つの凹面反射鏡上に形成されることを特徴とする請求項 1、2 または 3 記載の走査型投影露光装置。

【請求項 5】前記反射屈折型投影光学系中の前記凹面反射鏡の焦点距離を fCC とし、前記反射屈折型投影光学系中の前記凸面反射鏡の焦点距離を fCV とするとき、
 $-1.6 < fCC / fCV < -0.6$

を満足することを特徴とする請求項 4 記載の走査型投影露光装置。

【請求項 6】前記第 1 負レンズ群の焦点距離を $f1NLG$ とし、前記第 1 正レンズ群の焦点距離を $f1PLG$ とし、前記第 2 正レンズ群の焦点距離を $f2PLG$ とするとき、

$$-3 < f1NLG / f1PLG < -0.6$$

$$-2 < f1NLG / f2PLG < -0.5$$

のうち少なくとも一方の条件式を満足することを特徴とする請求項 1、2、3、4 または 5 記載の走査型投影露光装置。

【請求項 7】前記第 1 の物体と前記第 1 正レンズ群との間の光路中には、第 1 の光路曲げミラーが配置され、前記第 1 正レンズ群と前記第 2 の物体との間の光路中には、第 2 の光路曲げミラーが配置されることを特徴とする請求項 1、2、3、4、5 または 6 記載の走査型投影露光装置。

【請求項 8】第 1 の物体の像を第 2 物体上に形成する反射屈折型投影光学系において、

凹面反射鏡と；該凹面反射鏡側に凸面を向けて前記凹面反射鏡と共軸に配置された凸面反射鏡と；前記凹面反射鏡と前記凸面反射鏡との間に配置されて、前記凹面反射鏡と共軸な第 1 正レンズ群と；前記第 1 正レンズ群と前記凹面反射鏡との間に配置されて、前記凹面反射鏡と共軸な第 1 負レンズ群と；前記第 1 負レンズ群と前記凸面反射鏡との間に配置されて、前記凹面反射鏡と共軸な第 2 正レンズ群と；前記第 1 物体からの光を前記第 1 正レンズ群へ導くための第 1 の反射面と；前記第 1 正レンズ群からの光を前記第 2 物体へ導くための第 2 の反射面と；を備えることを特徴とする反射屈折型投影光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、第 1 の物体（マスク、レチクル等）と第 2 の物体（基板等）とを移動させつつ、露光を行う走査型投影露光装置に関し、また、該走査型投影露光装置に好適な反射屈折型投影光学系に関するものである。

【0002】

【従来の技術】高解像力、広フィールドを有する走査型の反射屈折投影光学系は、例えば特開平 7-5609 号などに開示されている。また、高解像力、広フィールドを有する走査型の反射投影光学系は、例えば特公昭 57-51083 号公報などに開示されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上述の如き走査型の反射屈折投影光学系では、物体面（マスク、レチクル等）から凹面鏡までの距離が比較的に長いので、光学部材を保持する機構の大型化を招き、光学部材間の位置精度を維持することが困難となる問題点がある。また、収差が補正された円弧状領域の幅が比較的に狭いため、露光エネルギー量が同じ条件では走査速度を向上させることが困難となり、投影露光装置のスループットに悪影響を与えるという問題点がある。

【0004】また、反射投影光学系の場合は、投影光学系を構成する光学部材が大型化し、高精度に製造することが困難となる問題点がある。そこで、本発明は、比較的短い全長を有し、収差の補正された円弧状領域の幅を広くとることができる反射屈折型投影光学系を提供する

こと、ひいてはスループットが高くかつ小型化が図られた投影露光装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するために、本発明にかかる走査型投影露光装置は、例えば図1に示す如く、第1の物体と第2の物体とを移動させつつ、前記第1の物体の像を前記第2の物体上へ実質的に等倍の倍率で投影露光する走査型投影露光装置であって、前記第1の物体の像を前記第2の物体上に形成する反射屈折型投影光学系を含み、前記反射屈折型投影光学系は、第1の物体側及び第2の物体側が共にテレセントリックな光学系であり、正の屈折力を有する第1正レンズ群と、負の屈折力を有する第1負レンズ群と、第1凹面反射面と、正の屈折力を有する第2正レンズ群と、凸面反射鏡と、第2凹面反射面とを有し、前記第1の物体

$$f2PLG - f1PLG \geq 0 \quad (1)$$

を満足することが好ましい。

【0007】また、本発明の好ましい1つの態様においては、前記第1正レンズ群と前記第2正レンズ群とは一体に形成されるものである。また、本発明においては、前記反射屈折型投影光学系中の前記第1及び第2凹面反

$$-1.6 < fCC / fCV < -0.6 \quad (2)$$

を満足することが好ましい。

【0008】また、本発明においては、前記第1負レンズ群の焦点距離を $f1NLG$ とし、前記第1正レンズ群

$$-3 < f1NLG / f1PLG < -0.6 \quad (3)$$

$$-2 < f1NLG / f2PLG < -0.5 \quad (4)$$

のうち少なくとも一方の条件式を満足することが好ましい。

【0009】また、本発明においては、前記第1の物体と前記第1正レンズ群との間の光路中には、第1の光路折曲げミラーが配置され、前記第1正レンズ群と前記第2の物体との間の光路中には、第2の光路折曲げミラーが配置されることが好ましい。さて、上述の目的を達成するために、本発明にかかる反射屈折型投影光学系は、例えば図1に示す如く、第1の物体の像を第2物体上に形成する反射屈折型投影光学系であって、凹面反射鏡と；該凹面反射鏡側に凸面を向けて前記凹面反射鏡と共軸に配置された凸面反射鏡と；前記凹面反射鏡と前記凸面反射鏡との間に配置されて、前記凹面反射鏡と共軸な第1正レンズ群と；前記第1正レンズ群と前記凹面反射鏡との間に配置されて、前記凹面反射鏡と共軸な第1負レンズ群と；前記第1負レンズ群と前記凸面反射鏡との間に配置されて、前記凹面反射鏡と共軸な第2正レンズ群と；前記第1物体からの光を前記第1正レンズ群へ導くための第1の反射面と；前記第1正レンズ群からの光を前記第2物体へ導くための第2の反射面と；を備えるものである。

【0010】上述の構成にかかる反射屈折型投影光学系は、上記条件式(1)、(2)、(3)及び(4)のう

からの光が前記第1正レンズ群及び前記第1負レンズ群を順に介して前記第1凹面反射面に達し、前記第1凹面反射面にて反射された光が、前記第1負レンズ群及び前記第2正レンズ群を順に介して前記凸面反射鏡に達し、該凸面反射鏡にて反射された光が前記第2正レンズ群及び前記第1負レンズ群を順に介して前記第2凹面反射面に達し、前記第2凹面反射面にて反射された光が前記第1負レンズ群及び前記第1正レンズ群を順に介して前記第2の物体へ到達し、前記第2の物体上に前記像を形成するように前記反射屈折型投影光学系が構成されるものである。

【0006】また、本発明においては、前記反射屈折型投影光学系中の前記第1正レンズ群の焦点距離を $f1PLG$ とし、前記反射屈折型投影光学系中の前記第2正レンズ群の焦点距離を $f2PLG$ とするとき、

射面は、1つの凹面反射鏡上に形成されることが好ましい。また、前記反射屈折型投影光学系中の前記凹面反射鏡の焦点距離を fCC とし、前記反射屈折型投影光学系中の前記凸面反射鏡の焦点距離を fCV とするとき、

の焦点距離を $f1PLG$ とし、前記第2正レンズ群の焦点距離を $f2PLG$ とするとき、

ち、少なくとも何れか1つの条件式を満足することが好ましい。

【0011】

【発明の実施の形態】以上の如き本発明においては、反射型投影光学系の瞳面に置かれる凸面反射鏡の位置が物体面から最も遠く離れた位置ではないため、全長（物体面から最も遠い位置に置かれる光学部材までの距離、本発明においては物体面から凹面反射鏡までの距離）が比較的短く構成される。

【0012】また、第1の物体から凹面反射鏡（第1凹面反射面）までの光路中に第1正レンズ群及び第1負レンズ群を、凹面反射鏡（第1凹面反射面）から凸面反射鏡を経て再び凹面反射鏡（第2凹面反射面）へ至る往復光路中に第1負レンズ群、第1正レンズ群及び第2正レンズ群を、そして凹面反射鏡（第2凹面反射面）から第2の物体へ至る光路中に第1負レンズ群及び第1正レンズ群を配置する構成により、全長を短く抑えつつも収差補正に提供できるパラメータ数を比較的多くすることができ、これにより設計の自由度が増すことになり、良好な光学性能を有する領域を広くすることが原理的に可能である。

【0013】さて、本発明の実施例について添付図面に基づいて説明する。図1は本発明の実施例にかかる走査

型投影露光装置を概略的に示す図である。図 1 では、所定のパターンが形成されたマスク 1 0 と、レジストが塗布された基板 3 0 とが搬送される方向（走査方向）を X 軸、マスク 1 0 の平面内で X 軸と直交する方向を Y 軸、マスク 1 0 の法線方向を Z 軸にとっている。

【0014】図 1 において、投影光学系 PL は、X 軸方向に沿った光軸 Ax を有し、この光軸 Ax 上には、凹面反射鏡 CCM と、この凹面反射鏡 CCM 側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ L1 と両凸形状の正レンズ L2 と両凸形状の正レンズ L3 とから構成され全体で正の屈折力を有する第 1 正レンズ群 GP1 と、両凹形状の負レンズ L4 から構成され負の屈折力を有する第 1 負レンズ群 GN1 と、前記第 1 正レンズ群 GP1 と同一のレンズにより構成される正の屈折力を有する第 2 正レンズ群 GP2 と、凹面反射鏡 CCM 側に凸面を向けた凸面反射鏡 CVM とが配置されている。

【0015】さて、前記マスク 1 0 上のパターンは、不図示の照明光学系の照明光により、ほぼ均一の照度で照明されている。本例では、図示なき照明光学系は、円弧形状の照野でマスク 1 0 を照明している。マスク 1 0 上のパターンを介した光 1 1 は、図 1 にて -Z 方向で表される方向に沿って進行し、平面反射鏡 PM1 により 90° 偏向されて図中 +X 方向へ向けて進行し、第 1 正レンズ群 GP1 に入射する。第 1 正レンズ群 GP1 と、第 1 負レンズ群 GN1 とを介した光 1 2 は、凹面反射鏡 CCM にて反射された後、-X 方向へ進行して、順に第 1 負

$$f2PLG - f1PLG \geq 0$$

この (1) 式は、凹面反射鏡 CCM の径方向の大きさをでき得る限り小さく保ちつつ、光学性能を良好にするための条件である。この (1) 式の下限を下回る場合は、コマ収差の補正が困難となるため好ましくない。

$$-1.6 < fCC / fCV < -0.6 \quad (2)$$

上記 (2) 式は、投影光学系 PL が十分な作動距離を確保しつつ、全長（第 1 の物体面から凹面反射鏡 CCM までの距離）を短く保ちつつ、コマ収差を良好に補正するための条件式である。ここで (2) 式の下限を下回る場合、上回る場合ともにコマ収差が大きく発生するため好ましくない。

$$-3 < f1NLG / f1PLG < -0.6 \quad (3)$$

を満足することが好ましい。

【0020】また、投影光学系 PL は、第 1 負レンズ群

$$-2 < f1NLG / f2PLG < -0.5 \quad (4)$$

を満足することが好ましい。ここで、上記 (3) 式の上限または下限を外れる場合、並びに上記 (4) 式の上限または下限を外れる場合には、全系の球面収差が大きく発生するため好ましくない。

【0021】そして、以下の表 1 には、図 1 に示した投影光学系の諸元の値を掲げる。但し、左端の数字は物体側からの前記凸面反射鏡 CVM までの順序を示し、r は

〔第 1 実施例〕

レンズ群 GN1、第 2 正レンズ群 GP2（第 1 実施例においては第 1 正レンズ群 GP1 と同一）に入射する。第 2 正レンズ群 GP2 を介した光 1 3 はレンズ L1 のマスク側のレンズ面 r11 に接着された凸面反射鏡 CVM に達する。この凸面反射鏡 CVM は、前記投影光学系 PL の略瞳面に配置される。

【0016】次に、前記凸面反射鏡 CVM にて反射された光 1 4 は、+X 方向へ進行して再び、順に前記第 2 正レンズ群 GP2 と、前記第 1 負レンズ群 GN1 とを介して、再び前記凹面反射鏡 CCM に達する。そして前記凹面反射鏡 CCM で反射された光 1 5 は、-X 方向へ進行して順に第 1 負レンズ群 GN1、第 1 正レンズ群 GP1 を介して、平面反射鏡 PM2 により 90° 偏向されて図中 -Z 方向へ進行して基板 3 0 に達する。これにより、マスク 1 0 上の（円弧状の照野内の）パターンの像が基板 3 0 上に形成される。このとき、基板 3 0 上に形成される像の X 方向の横倍率はほぼ +1 倍であるので、マスク 1 0 と基板 3 0 とを一体に、あるいは実質的に同速度で同期させて同一の方向へ移動させれば良い。なお、図 1 では、マスク 1 0 を支持するマスクステージ、基板 3 0 を支持する基板ステージは図示省略している。

【0017】さて、投影光学系 PL 中の第 1 正レンズ群 GP1 の焦点距離を $f1PLG$ とし、第 2 正レンズ群 GP2 の焦点距離を $f2PLG$ とするとき、以下の (1) 式の関係を満たすことが望ましい。

$$(1)$$

【0018】また、投影光学系 PL の凹面反射鏡 CCM の焦点距離を fCC とし、凸面反射鏡 CVM の焦点距離を fCV とするとき、以下の (2) 式の関係を満たすことが望ましい。

$$(2)$$

【0019】また、投影光学系 PL 中の第 1 負レンズ群 GN1 は、第 1 正レンズ群 GP1 及び第 2 正レンズ群 GP2 から生じる球面収差を補正する機能を有している。ここで、投影光学系 PL は、第 1 負レンズ群 GN1 の焦点距離を $f1NLG$ とし、第 1 正レンズ群 GP1 の焦点距離を $f1PLG$ とするとき、

GN1 の焦点距離を $f1NLG$ とし、第 2 正レンズ群 GP2 の焦点距離を $f2PLG$ とするとき、

$$(4)$$

レンズ面又は反射面の曲率半径、d はレンズ面間隔、n は露光波長の光（g 線：436nm）に対する媒質（光学材料）の屈折率を示している。なお、表 1 において、面間隔 d 及び屈折率 n は光線が反射面にて反射される毎に符号が正負に反転するものとしている。

【0022】

【表 1】

	r	d	n	
1	-1460.2	100	1.48088	L1
2	-1323.6	10	1.00000	
3	7125.9	110	1.48088	L2
4	-1503.9	10	1.00000	
5	2691.2	110	1.48088	L3
6	-2718.3	239	1.00000	
7	-4156.2	80	1.60384	L4
8	2054.3	90	1.00000	
9	-1683.3	-90	-1.00000	CCM
10	2054.3	-80	-1.60384	L4
11	-4156.2	-239	-1.00000	
12	-2718.3	-110	-1.48088	L3
13	2691.2	-10	-1.00000	
14	-1503.9	-110	-1.48088	L2
15	7125.9	-10	-1.00000	
16	-1323.6	-100	-1.48088	L1
17	-1460.2	0	-1.00000	
18	-1460.2	0	1.00000	CVM

《第1実施例の条件対応値》

- (1) $f_{2PLG} - f_{1PL} = 0 \geq 0$
 (2) $f_{CC} / f_{CV} = -1.15$
 (3) $f_{1NLG} / f_{1PLG} = -1.78$
 (4) $f_{1NLG} / f_{2PLG} = -1.78$

なお、表1に示す第1実施例では、像高は220mmであり、倍率1倍、NA（開口数）は0.12である。

【0023】次に、図2を参照しながら投影光学系PLの第2実施例について説明する。図2において、投影光学系PLは、X軸方向に沿った光軸Axを有し、この光軸Ax上には、凹面反射鏡CCMと、この凹面反射鏡CCM側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL1と両凸形状の正レンズL2とから構成され全体で正の屈折力を有する第1正レンズ群GP1と、凹面反射鏡CCM側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL3から構成され負の屈折力を有する第1負レンズ群GN1と、両凸形状の正レンズL2、凹面反射鏡CCM側に凸面を向けたメニスカス正レンズL1、凹面反射鏡CCM側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL4、及び凹面反射鏡側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL5から構成され全体で正の屈折力を有する第2正レンズ群GP2と、凹面反射鏡CCM側に凸面を向けた凸面反射鏡CVMとが配置されている。

【0024】図2の投影光学系PLにおいて、図示なきマスクからの光は、レンズL1、レンズL2及びレンズL3を順に通過して（第1正レンズ群GP1、第1負レンズ群GN1を順に通過して）凹面反射鏡CCMに達

〔第2実施例〕

	r	d	n	
1	-5601.8	100	1.48088	L1
2	-671.6	10	1.00000	

し、この凹面反射鏡CCMで反射された光は、レンズL3、レンズL2、レンズL1、レンズL4及びレンズL5を順に通過して（第1負レンズ群GN1、第2正レンズ群GP2を順に通過して）凸面反射鏡CVMへ至る。この凸面反射鏡CVMで反射された光は、レンズL5、レンズL4、レンズL1、レンズL2及びレンズL3の順に通過して（第2正レンズ群GP2及び第1負レンズ群GN1を順に通過して）凹面反射鏡CCMへ達する。凹面反射鏡CCMにて反射された光は、レンズL3、レンズL2及びレンズL1の順に通過して（第1負レンズ群GN1及び第1正レンズ群GP1の順に通過して）投影光学系PLから射出されて像面へ向かう。なお、図2の例では、マスク及び第1正レンズ群GP1の間の光路中に配置される光路折り曲げミラーと、第1正レンズ群GP1及び基板（像）の間の光路中に配置される光路折り曲げミラーとは図示省略している。

【0025】そして、以下の表2には、図2に示した投影光学系の諸元の値を掲げる。但し、左端の数字は物体側からの凸面反射鏡CVMまでの順序を示し、rはレンズ面又は反射面の曲率半径、dはレンズ面間隔、nは露光波長の光（g線：436nm）に対する媒質（光学材料）の屈折率を示している。なお、表2においても、面間隔d及び屈折率nは光線が反射面にて反射される毎に符号が正負に反転するものとしている。

【0026】

【表2】

3	3 4 7 2. 4	1 1 0	1. 4 8 0 8 8	L 2
4	- 7 0 0 6. 8	4 8	1. 0 0 0 0 0	
5	- 1 0 5 8. 6	8 0	1. 6 0 3 8 4	L 3
6	- 1 3 2 3 3	5 1	1. 0 0 0 0 0	
7	- 1 2 1 0. 0	- 5 1	- 1. 0 0 0 0 0	CCM
8	- 1 3 2 3 3	- 8 0	- 1. 6 0 3 8 4	L 3
9	- 1 0 5 8. 6	- 4 8	- 1. 0 0 0 0 0	
1 0	- 7 0 0 6. 8	- 1 1 0	- 1. 4 8 0 8 8	L 2
1 1	3 4 7 2. 4	- 1 0	- 1. 0 0 0 0 0	
1 2	- 6 7 1. 6	- 1 0 0	- 1. 4 8 0 8 8	L 1
1 3	- 5 6 0 1. 8	- 7 6	- 1. 0 0 0 0 0	
1 4	- 4 8 0. 2	- 5 0	- 1. 4 8 0 8 8	L 4
1 5	- 1 0 8 4. 0	- 1 4	- 1. 0 0 0 0 0	
1 6	- 1 5 3 2 2	- 4 0	- 1. 4 8 0 8 8	L 5
1 7	- 6 6 1. 4	- 1 6	- 1. 0 0 0 0 0	
1 8	- 7 9 1. 5	0	1. 0 0 0 0 0	CVM

《第2実施例の条件対応値》

$$(1) \quad f2PLG - f1PLG = 513.7 \geq 0$$

$$(2) \quad fCC / fCV = -1.53$$

$$(3) \quad f1NLG / f1PLG = -0.69$$

$$(4) \quad f1NLG / f2PLG = -0.59$$

なお、表2において、像高は220mmであり、倍率1倍、NA（開口数）は0.12である。

【0027】次に、図3を参照しながら投影光学系PLの第3実施例について説明する。図3において、投影光学系PLは、X軸方向に沿った光軸Axを有し、この光軸Ax上には、凹面反射鏡CCMと、両凸形状の正レンズL1とから構成され全体で正の屈折力を有する第1正レンズ群GP1と、凹面反射鏡CCM側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズL2から構成され負の屈折力を有する第1負レンズ群GN1と、両凸形状の正レンズL1、凹面反射鏡CCM側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズL4、及び凹面反射鏡側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL5から構成され全体で正の屈折力を有する第2正レンズ群GP2と、凹面反射鏡CCM側に凸面を向けた凸面反射鏡CVMとが配置されている。

【0028】図3の投影光学系PLにおいて、図示なきマスクからの光は、レンズL1及びレンズL2（第1正レンズ群GP1及び第1負レンズ群GN1）を順に介して凹面反射鏡CCMに達する。凹面反射鏡CCMにて反

〔第3実施例〕

	r	d	n	
1	8 2 5. 5	1 3 0	1. 6 0 3 8 4	L 1
2	- 1 6 7 4. 4	1 0	1. 0 0 0 0 0	
3	9 8 3. 3	1 0 0	1. 4 8 0 8 8	L 2
4	5 3 7. 0	1 5 7	1. 0 0 0 0 0	
5	- 2 5 2 9. 3	- 1 5 7	- 1. 0 0 0 0 0	CCM
6	5 3 7. 0	- 1 0 0	- 1. 4 8 0 8 8	L 2
7	9 8 3. 3	- 1 0	- 1. 0 0 0 0 0	

射された光は、レンズL2、レンズL1、レンズL4及びレンズL5を順に通過して（第1負レンズ群GN1及び第2正レンズ群GP2を順に通過して）凸面反射鏡CVMに至る。凸面反射鏡CVMにて反射された光は、レンズL5、レンズL4、レンズL1及びレンズL2を順に通過して（第2正レンズ群及び第1負レンズ群を順に通過して）凹面反射鏡CCMへ達し、凹面反射鏡CCMにて反射された光は、レンズL2及びレンズL1を順に通過して（第1負レンズ群GN1及び第1正レンズ群GP1を順に通過して）投影光学系PLから射出されて像面へ向かう。なお、図3の例においても、マスク及び第1正レンズ群GP1の間の光路中に配置される光路折り曲げミラーと、第1正レンズGP1群及び基板（像）の間の光路中に配置される光路折り曲げミラーとは図示省略している。

【0029】そして、以下の表3には、図3に示した光学系の諸元の値を掲げる。但し、左端の数字は物体側からの凸面反射鏡までの順序を示し、rはレンズ面又は反射面の曲率半径、dはレンズ面間隔、nは露光波長の光（g線：436nm）に対する媒質（光学材料）の屈折率を示している。なお、表3においても、面間隔d及び屈折率nは光線が反射面にて反射される毎に符号の正負が反転するものとしている。

【0030】

【表3】

8	-1 6 7 4 . 4	-1 3 0	-1 . 6 0 3 8 4	L 1
9	8 2 5 . 5	-1 1 3	-1 . 0 0 0 0 0	
1 0	4 7 8 . 8	-5 0	-1 . 4 8 0 8 8	L 4
1 1	3 0 1 7 . 0	-1	-1 . 0 0 0 0 0	
1 2	-4 9 3 . 6	-4 0	-1 . 4 8 0 8 8	L 5
1 3	-8 7 1 . 5	-1 9	-1 . 0 0 0 0 0	
1 4	-3 7 0 7 . 8		1 . 0 0 0 0 0	C V M

《第 3 実施例の条件対応値》

- (1) $f 2 P L G - f 1 P L G = 4 4 6 \geq 0$
 (2) $f C C / f C V = -0 . 6 8 2$
 (3) $f 1 N L G / f 1 P L G = -2 . 8$
 (4) $f 1 N L G / f 2 P L G = -1 . 9$

なお、表 3 において、像高は 2 2 0 mm であり、倍率 1 倍、NA (開口数) は 0 . 1 2 である。

$$W r m s \leq \lambda / 1 4 = 0 . 0 7 \lambda$$

となる。

【0 0 3 2】図 4 は、表 1 に示した第 1 実施例の投影光学系の横軸に像高としたときの波面収差の RMS 値を縦軸に表わしている。前記条件式 (5) を満足する像高は、1 7 0 mm から 2 8 0 mm までの領域であることが分かる。即ち、第 1 実施例では、幅が 1 1 0 mm の円弧領域が無収差であることが分かる。図 5 は、表 2 に示した第 2 実施例の投影光学系の横軸に像高としたときの波面収差の RMS 値を縦軸に表わしている。前記条件式

(5) を満足する像高は、1 8 5 mm から 2 4 5 mm までの領域であることが分かる。即ち、第 2 実施例では、幅が 6 0 mm の円弧領域が無収差であることが分かる。

【0 0 3 3】図 6 は、表 3 に示した第 3 実施例投影光学系の横軸に像高としたときの波面収差の RMS 値を縦軸に表わしている。前記条件式 (5) を満足する像高は、1 8 5 mm から 2 5 0 mm までの領域であることが分かる。即ち、第 3 実施例では、幅が 6 5 mm の円弧領域が無収差であることが分かる。このように、上述の各実施例によれば、フィールドサイズとして円弧の長さが 4 0 0 mm で、円弧の幅が 5 5 mm 以上可能となり広フィールドの一括走査露光が可能となる。

【0 0 3 4】なお、上記実施例においては、照明光学系が供給する照明光の波長を g 線 (4 3 6 nm) としているが、その代わりに (或いはそれに加えて) h 線 (4 0 4 nm)、i 線 (3 6 5 nm) を用いることもできる。さらには、KrF エキシマレーザ (2 4 8 nm) や ArF エキシマレーザ (1 9 3 nm)、YAG レーザ等の高調波などの遠紫外域の照明光も使用可能である。

【0 0 3 5】なお、上述の実施例においては、光路折曲げミラーとして平面反射鏡 PM 1、PM 2 を用いているが、これら平面反射鏡のうち的一方を、Y 方向において像を反転させるためのダハミラー (ルーフミラー) に置き換えた構成でも良い。また、本発明にかかる反射屈折型投影光学系を 2 組用いて、1 組目の反射屈折型投影光学系で形成された中間像を 2 組目の反射屈折型投影光学

【0 0 3 1】以上において説明した各実施例にかかる投影光学系 PL の光学性能を評価する指標として波面収差量を導入する。この場合、波面収差の RMS 値での評価を採用すると、良く知られているように理想レンズの条件としてマレシャル (Marechal) の条件を満足するとき無収差とする。従って、波面収差の RMS 値を $W r m s$ とすると、無収差の条件式は、 λ を波長とすると、

(5)

系で基板上に再結像させる構成も可能である。上記の構成により基板上にはマスクの正立正像が形成される。このようにマスクの正立正像を作る投影光学系を複数準備しておき、これらを例えば特開平 7 - 1 8 3 2 0 4 号に開示されるように配置しても良い。また、例えば特開平 7 - 1 8 3 2 1 2 号の図 1 1 に示されるような倍率調整機構を、第 1 平面反射鏡 PM 1 とマスク 1 0 との間の光路中及び第 2 平面反射鏡 PM 2 と基板 3 0 との間の光路中の少なくとも一方に配置しても良い。

【0 0 3 6】このように、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【0 0 3 7】

【発明の効果】以上の通り、本発明によれば、高解像力、広フィールドを有する比較的小さな投影光学系により、露光領域が大きな場合においても、スループットを低下させず、良好なる光学性能のもとで投影露光を行うことができる露光装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による第 1 実施例を示すレンズ構成図である。

【図 2】本発明による第 2 実施例を示すレンズ構成図である。

【図 3】本発明による第 3 実施例を示すレンズ構成図である。

【図 4】本発明による第 1 実施例の像高に対応した波面収差図である。

【図 5】本発明による第 2 実施例の像高に対応した波面収差図である。

【図 6】本発明による第 3 実施例の像高に対応した波面収差図である。

【符号の説明】

PL …… 投影光学系

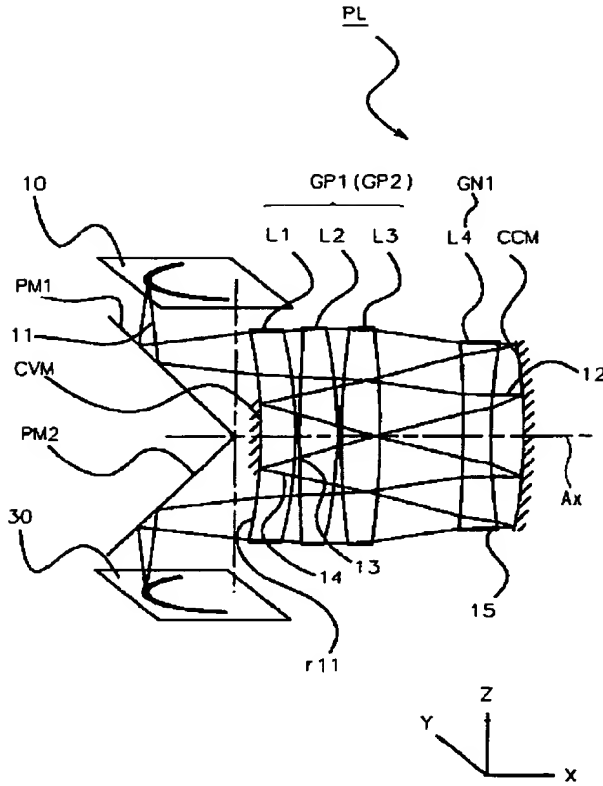
GP 1 …… 第 1 正レンズ群

GN 1 …… 第 1 負レンズ群

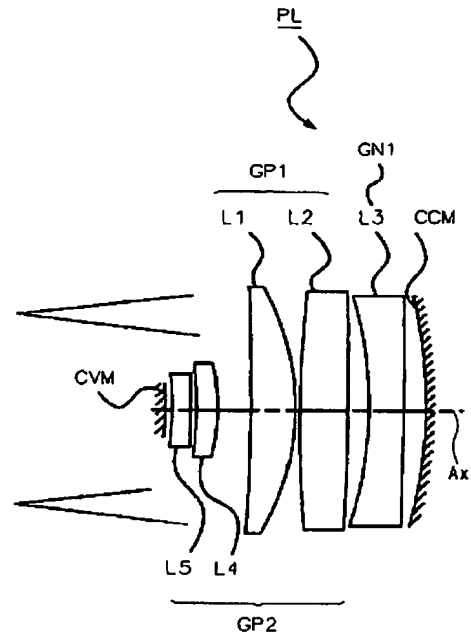
GP2……第2正レンズ群
CCM……凹面反射鏡
CVM……凸面反射鏡

10……マスク
20……基板

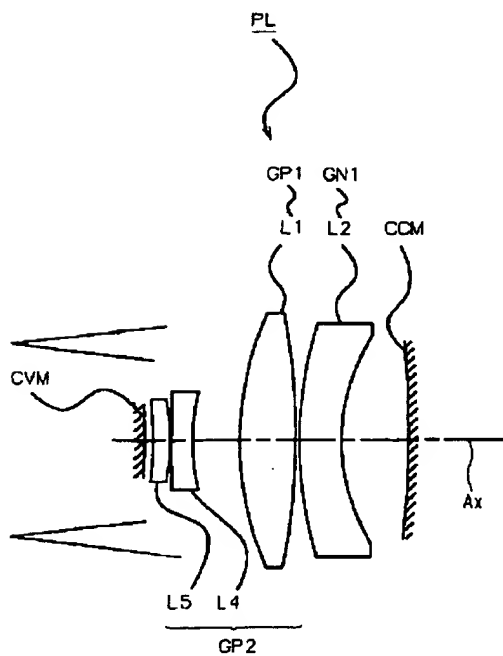
【図1】



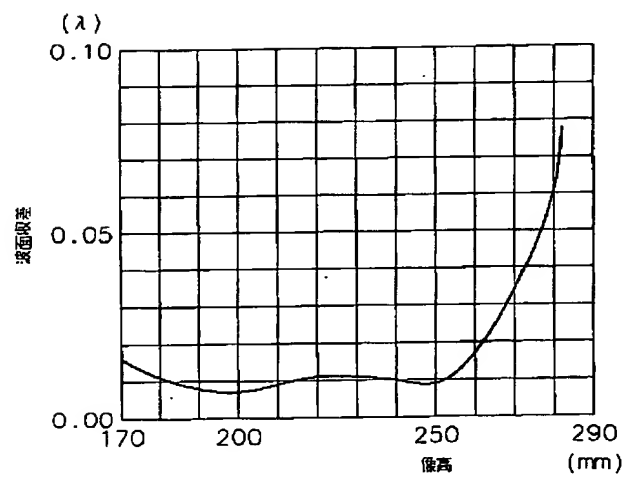
【図2】



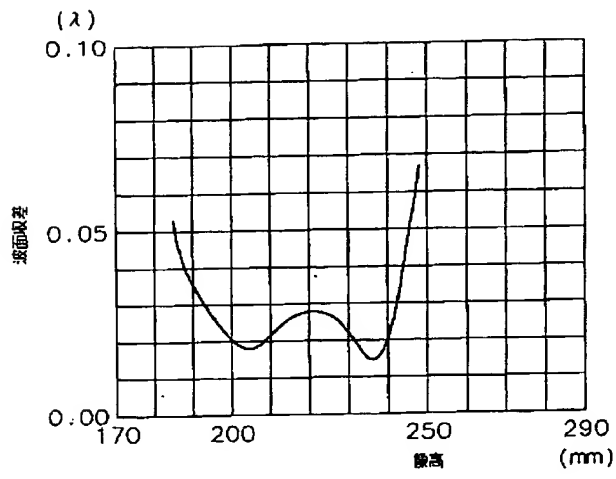
【図3】



【図4】



【図 5】



【図 6】

